



Docket No.: 22130-00039-US
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Jean-Christophe Ehrstrom et al.

Application No.: 10/849,525

Confirmation No.: 5569

Filed: May 20, 2004

Art Unit: 1725

For: MANUFACTURING METHOD FOR
FRICTION WELDED ALUMINUM ALLOY
PARTS

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
France	0306036	20 May 2003



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Application No.: 10/849,525

Docket No.: 22130-00039-US

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: September 20, 2004

Respectfully submitted,

By Susan E. Shaw McBee

Susan E. Shaw McBee

Registration No.: 39,294

CONNOLLY BOVE LODGE & HUTZ LLP

1990 M Street, N.W., Suite 800

Washington, DC 20036-3425

(202) 331-7111

(202) 293-6229 (Fax)

Attorney for Applicant

THIS PAGE BLANK (USPTO)



27-2636

①

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 21 MAI 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

N° Indigo 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/mn

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

20 MAI 2003 réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE 69 INPI LYON

LIEU

0306036

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE

20 MAI 2003

PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier

(facultatif) BR 3555 JCM/NC

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 6 W / 030103

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE PECHINEY Monsieur Jean-Claude MOUGEOT Immeuble "SIS" 217 Cours Lafayette 69451 LYON CEDEX 06	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale N° _____ Date _____	
ou demande de certificat d'utilité initiale N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM SOUDEES PAR FRICTION	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE	
Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases) <input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale PECHINEY RHENALU	
Prénoms _____	
Forme juridique SA	
N° SIREN _____	
Code APE-NAF _____	
Domicile ou siège	Rue 7 Place du Chancelier Adénauer
	Code postal et ville 75116 PARIS
	Pays FRANCE
Nationalité FRANÇAISE	
N° de téléphone (facultatif) _____ N° de télécopie (facultatif) _____	
Adresse électronique (facultatif) _____	
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2^{ème} page



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

20 MAI 2003 REMISE DES PIÈCES DATE 69 INPI LYON LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI 0306036	DB 540 W / 210502
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)			
Nom		MOUGEOT	
Prénom		Jean-Claude	
Cabinet ou Société		PECHINEY	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 10187 - LC004A	
Adresse	Rue	Immeuble "SIS" - 217 Cours Lafayette	
	Code postal et ville	69 04 15 11 LYON CEDEX 06	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
7 INVENTEUR (S)		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [] [] [] [] [] []	
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Jean-Claude MOUGEOT		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI F. FAVEREAU	

5 **Procédé de fabrication de pièces en alliage d'aluminium soudées par friction**

Domaine de l'invention

10 L'invention concerne un procédé fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural obtenues par soudage par friction à l'outil, appelé également soudage par friction-malaxage (en anglais « friction stir welding » ou FSW). On désigne par alliages d'aluminium à durcissement structural les alliages des séries 2000 (Al-Cu), 4000 (Al-Si), 6000 (Al-Si-Mg), 7000 (Al-Zn-Mg ou Al-Zn-Mg-Cu) ou
15 8000 (Al-Li-Cu) selon la nomenclature de l'Aluminum Association. Ces alliages sont durcis par un traitement thermique comportant une mise en solution, une trempe et, le cas échéant, un revenu.

Etat de la technique

20

Le soudage par friction à l'outil a été initié, au début des années 1990, par TWI (The Welding Institute) au Royaume-Uni, et a connu un développement rapide dans le domaine de l'assemblage des alliages d'aluminium. Son principe consiste à obtenir un soudage sans fusion par un fort cisaillement du métal au moyen d'un outil rotatif
25 qui mélange les deux matériaux à assembler. La diminution de la contrainte d'écoulement est obtenue tout d'abord par un échauffement du métal par frottement d'un patin (« shoulder ») en surface du métal avant le déplacement de l'outil qui conduit de proche en proche au soudage. Le patin permet également de contenir le métal et de maintenir une pression en évitant l'éjection du métal en dehors de la zone
30 soudée.

Le procédé permet d'éviter les problèmes de fissuration à chaud, ce qui permet notamment de souder des alliages considérés comme non soudables par fusion, comme par exemple les alliages 2000 au magnésium ou les alliages 7000 au cuivre, qui sont les alliages utilisés habituellement dans la construction aéronautique.

La structure métallurgique à l'intérieur et autour de la zone soudée par friction à l'outil offre un faciès très caractéristique et nettement différent de celui d'une soudure par fusion. En dehors des zones éloignées de la soudure qui restent totalement non affectées, on peut distinguer 3 zones distinctes, comme indiqué à la

5 figure 1 :

- la zone ayant subi la déformation plastique la plus sévère est appelée le noyau (« nugget »). Elle présente une microstructure recristallisée très fine et relativement équiaxe, avec des décorations significatives aux joints de grain. En cours de soudage, la température peut atteindre 560°C dans cette zone.
10 Elle présente par ailleurs une structure annulaire du type peau d'oignon. La largeur du noyau est généralement un peu supérieure au diamètre de l'outil.
- La seconde zone, située de part et d'autre du noyau est la zone affectée thermo-mécaniquement, qui a été déformée dans une moindre mesure, et qui peut, selon les alliages, montrer des signes de recristallisation.
- 15 - La troisième zone, située au dessus du noyau, est appelée « bras d'écoulement ». Elle est formée par l'effet de rotation du patin de l'outil.

Différentes configurations d'assemblage sont possibles, mais la plus couramment utilisée est le soudage bout à bout.

20 **Problème posé**

Le point faible de toute pièce soudée, quel que soit le procédé utilisé, est la zone affectée thermiquement. Pour éliminer ce point faible, il est connu de procéder à une mise en solution du joint soudé de manière à retrouver une résistance mécanique
25 élevée en tout point. On constate alors que, dans le noyau et la zone d'écoulement, la dimension moyenne des grains a fortement augmenté, et peut atteindre plusieurs mm. L'article de Kh. A. A. Hassan et al. « Stability of nugget zone grain structures in high-strength Al-alloy friction stir welds during solution treatment », publié dans Acta Materialia, vol. 51, 2003, pp. 1923-1936, décrit bien cette croissance anormale
30 de la taille des grains, et indique comme solutions d'augmenter, soit la densité des dispersoïdes, soit la quantité de chaleur générée par le soudage.

Une telle structure à grains grossiers n'est guère favorable à un bon comportement mécanique, notamment en ce qui concerne la ductilité et la tenue en fatigue, ce qui rend problématique toute mise en forme ultérieure et conduit à des ruptures intergranulaires. Le procédé selon l'invention a pour but de remédier à cet
5 inconvenient.

Objet de l'invention

L'invention a pour objet un procédé de fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural comportant le soudage par friction à l'outil d'au moins
10 deux éléments du même alliage ou d'alliages différents, la mise en solution et la trempe des pièces soudées, dans lequel les éléments sont soumis avant soudage à un traitement thermique à une température T d'une durée d'au moins $2t_1$, t_1 étant définie comme la durée minimale d'un traitement à la température T conduisant à une
15 énergie spécifique du pic de fusion, définie par AED, de moins de 1 J/g, et de préférence moins de 0,5 J/g, et plus préférentiellement moins de 0,1 J/g.

La température T est généralement inférieure d'au plus 20°C à la température de brûlure de l'alliage, ou, dans le cas d'alliages différents, de la température de brûlure la plus basse de ces alliages

20 Dans le cas où la température de brûlure est inférieure à 500°C, la durée du traitement est d'au moins 24 h, et de préférence d'au moins 48 h.

L'invention a également pour objet une pièce constituée d'au moins deux éléments en alliage d'aluminium à durcissement structural soudés par friction à l'outil, et traitée après soudage par mise en solution et trempe, caractérisée en ce que la taille
25 de grains dans la zone soudée après mise en solution et trempe est inférieure à 200 μm .

Description des figures

30 La figure 1 représente les différentes zones du joint soudé par friction à l'outil.

Description de l'invention

L'invention consiste essentiellement à réaliser avant soudage un traitement thermique très poussé destiné à provoquer la coalescence des dispersoïdes, d'une durée
5 significativement plus longue que la durée habituelle d'homogénéisation ou de mise en solution pour le même alliage. Pour être efficace, le traitement thermique selon l'invention doit se faire à une température T et avoir une durée d'au moins $2t_1$, t_1 étant la durée typique de mise en solution, définie comme la durée d'un traitement à la température T conduisant à une énergie spécifique du pic de fusion, déterminée par
10 analyse enthalpique différentielle (AED) inférieure en valeur absolue à 1 J/g, de préférence 0,5 J/g, et encore plus préférentiellement 0,1 J/g.

La température T est généralement aussi voisine que possible de la température dite de « brûlure » de l'alliage, tout en évitant d'atteindre cette température. Pratiquement, l'écart avec la température de brûlure doit, dans la plupart des cas, rester inférieur à
15 20°C.

Dans le cas où les éléments à souder sont en alliages différents, c'est la température de brûlure la plus basse qui doit être prise en compte. Pour les alliages dont la température de brûlure est inférieure à 500°C, la durée du traitement doit être de plus de 24 h, et de préférence de plus de 48 h.

20 Le traitement thermique peut se situer à n'importe quel stade de la gamme de fabrication en amont du soudage. Il peut consister en une homogénéisation prolongée avant laminage, filage ou forgeage, en un réchauffage intermédiaire entre deux passes de laminage à chaud ou de forgeage, ou en un traitement du demi-produit laminé, filé ou forgé avant soudage. Dans ce dernier cas, il est avantageux de le faire suivre d'une
25 trempe, qui permet une meilleure coalescence des dispersoïdes. L'expérience montre de plus que les meilleurs résultats sont obtenus lorsque le maximum d'éléments d'addition se trouve en solution solide dans l'aluminium. On peut encore améliorer la structure métallurgique après soudage en limitant la teneur en dispersoïdes, par exemple en choisissant des compositions chimiques à faible taux d'éléments anti-
30 recristallisants (Mn, Cr, Zr, Hf, V, Sc). Par exemple, pour un alliage de type 2024, il est préférable de limiter la teneur en manganèse à moins de 0,3%, et pour les alliages

7000 au cuivre, de limiter la teneur en chrome à moins de 0,15%, et la teneur en zirconium à moins de 0,09%.

La pièce soudée peut être réalisée à partir de tôles, de profilés ou de produits forgés. Ces produits peuvent être à l'état brut de fabrication (état F) ou à l'état traité par mise
 5 en solution, trempe et éventuellement revenu (états T3, T6 ou T7). Si on soude des tôles à l'état traité, c'est-à-dire ayant déjà subi une mise en solution dans les conditions habituelles, on constate que cette mise en solution est insuffisante pour obtenir une structure à grains fins après un traitement postérieur au soudage.

On observe généralement en cours de soudage la formation d'oxydes au cœur de la
 10 zone soudée. Ces oxydes peuvent être préjudiciables à la bonne tenue mécanique de la soudure. Pour éviter cette oxydation, il est avantageux de réaliser le soudage sous un balayage de gaz neutre.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des pièces soudées par friction en alliage d'aluminium à durcissement structural qui, soumises après soudage à un
 15 traitement de mise en solution, trempe et revenu, présentent une zone soudée dans laquelle la taille de grains reste relativement homogène et inférieure à 200 μm , ce qui permet d'obtenir à la fois une bonne tenue en fatigue, une ténacité améliorée et une ductilité satisfaisante.

20 Exemples

Exemple 1

On a fabriqué des tôles en alliage 7449 de composition (% en poids) :

25

Zn	Mg	Cu	Si	Fe	Zr	Cr	Ti
8,11	2,19	1,94	0,04	0,07	0,09	0,005	0,025

par coulée semi-continue d'une plaque, homogénéisation de 30 mn à une température de 475°C et laminage à chaud jusqu'à une épaisseur de 10 mm. On a découpé des tôles de format 260 x 1000 mm. Ces tôles ont été traitées à l'état T651 par mise en

solution de 1/2 h à 474°C, une trempe à l'eau froide, une traction contrôlée à 2,5% d'allongement permanent et un revenu de 48 h à 120°C.

Les tôles ont été soudées bout à bout par friction à l'aide d'une machine ESAB type « Superstir ». La tête de l'outil était inclinée de 2,5 degrés. La vitesse de rotation de

5 l'outil était de 150 t/mn et sa vitesse d'avance de 200 mm/mn.

Les tôles assemblées ont été soumises, après soudage, à un traitement thermique comportant une mise en solution de 30 mn à 474°C, suivie d'une trempe à l'eau froide (20°C). Une micrographie d'échantillons de la zone soudée traités par oxydation anodique pour révéler la structure granulaire fait apparaître une structure
10 recristallisée à grains de taille supérieure à 200 μm , avec une forte dispersion, certains grains pouvant atteindre plusieurs mm.

Exemple 2

15 Des tôles identiques à celles qui ont été soudées dans l'exemple 1 ont été soumises à un traitement d'homogénéisation de 72 h à 474°C. Elles ont été soudées dans les mêmes conditions que celles de l'exemple 1.

La micrographie de la zone soudée révèle une structure cristalline fine avec une taille de grains relativement homogène, comprise entre 50 et 200 μm , avec une moyenne
20 de l'ordre de 120 μm .

Revendications

- 5 1. Procédé de fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural comportant le soudage par friction à l'outil d'au moins deux éléments du même alliage ou d'alliages différents, la mise en solution et la trempe des pièces soudées, dans lequel les éléments sont soumis avant soudage à un traitement thermique, à une température T d'une durée d'au moins $2t_1$, t_1 étant définie comme la durée minimale d'un traitement à la
- 10 température T conduisant à une énergie spécifique du pic de fusion, définie par AED, de moins de 1 J/g.
- 15 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'énergie spécifique du pic de fusion est de moins de 0,5 J/g.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'énergie spécifique du pic de fusion est de moins de 0,1 J/g.
- 20 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la température T est inférieure d'au plus 20°C à la température de brûlure de l'alliage, ou, dans le cas d'alliages différents, de la température de brûlure la plus basse de ces alliages.
- 25 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la température de brûlure de l'alliage est inférieure à 500°C et que la durée du traitement est d'au moins 24 h.
- 30 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la durée de traitement est d'au moins 48 h.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le traitement thermique se situe au stade de l'homogénéisation avant laminage, filage ou forgeage.
- 5 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le traitement thermique est un réchauffage entre deux passes de laminage, filage ou forgeage.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le
10 traitement thermique est effectué sur le demi-produit laminé ou forgé avant le soudage.
10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement thermique est suivi d'une trempe.
- 15 11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'un au moins des alliages est du type 2024 et que sa teneur pondérale en manganèse est inférieure à 0,3%.
- 20 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'un au moins des alliages est un alliage 7000 au cuivre, que sa teneur pondérale en chrome est inférieure à 0,15% et que sa teneur pondérale en zirconium est inférieure à 0,09%.
- 25 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la surface des éléments à souder est balayée avec un gaz neutre pendant le soudage.
14. Pièce constituée d'au moins deux éléments en alliage d'aluminium à durcissement structural soudés par friction à l'outil et traitée après soudage
30 par mise en solution et trempe, caractérisée en ce que la taille de grains dans la zone soudée après mise en solution et trempe est inférieure à 200 μm .

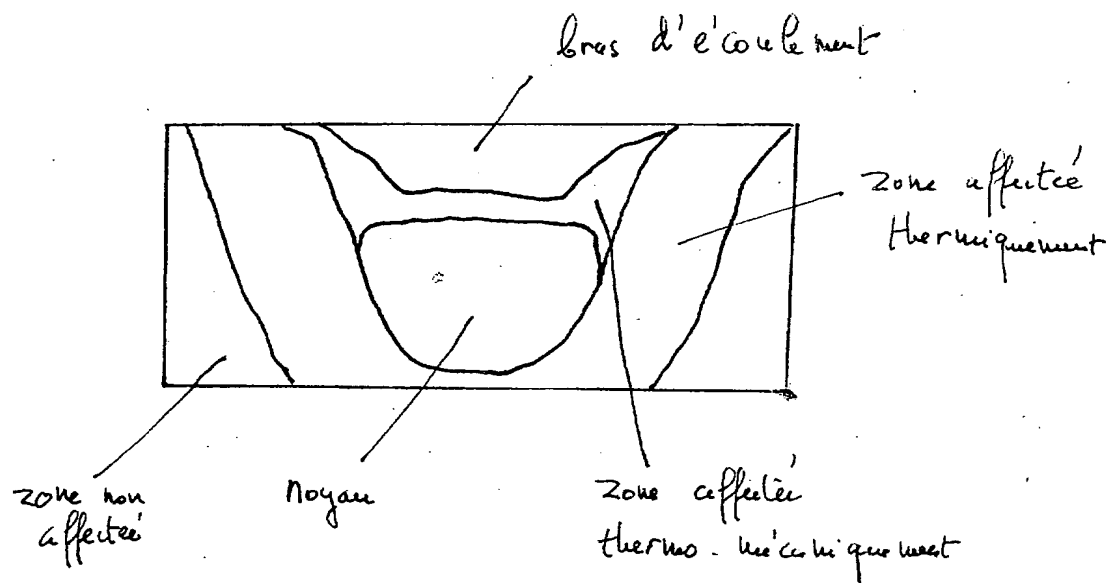
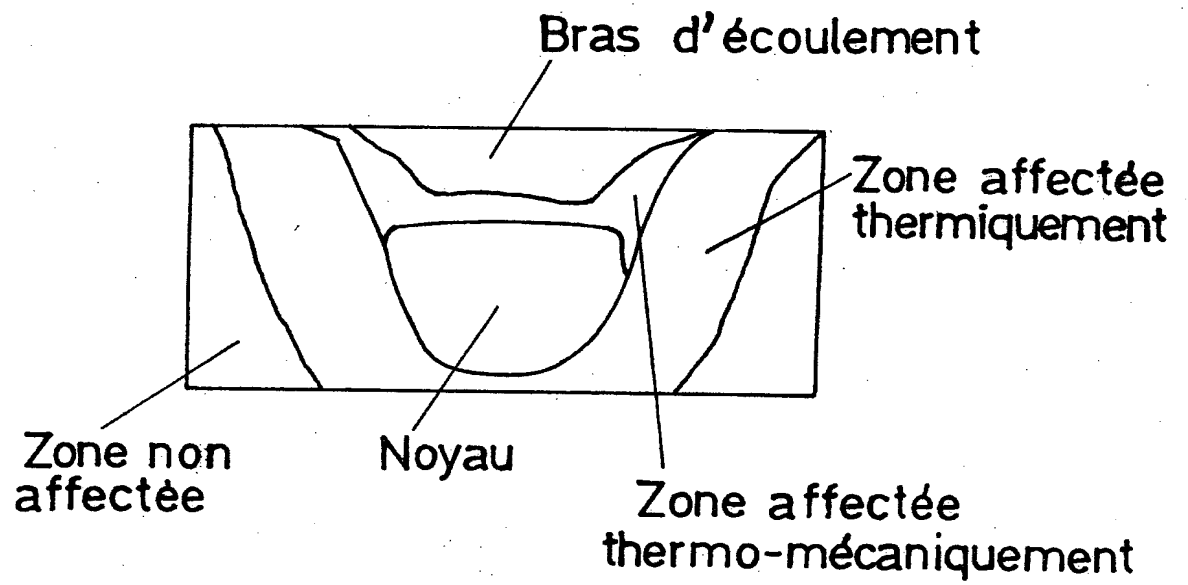


Fig. 1/1



1/1





26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

► N° Indigo 0 825 83 85 87
0,15 € TTC/mm

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235*03

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 1..

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire



DB 113 @ W / 210103

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BR 3555 JCM/NC
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0306036
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM SOUDEES PAR FRICTION		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
PECHINEY Monsieur Jean-Claude MOUGEOT Immeuble "SIS" 217 Cours Lafayette 69451 LYON CEDEX 06		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	EHRSTROM
	Prénoms	Jean-Christophe
Adresse	Rue	5 Place des Jacobins
	Code postal et ville	3 1 8 1 1 3 1 0 ECHIROLLES
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	WARNER
	Prénoms	Timothy
Adresse	Rue	506 Fitzhugh Street
	Code postal et ville	2 1 6 1 1 6 1 4 RAVENSWOOD - WV - ETATS-UNIS
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
20 Mai 2003 Jean-Claude MOUGEOT		

THIS PAGE BLANK (USPTO)